

Humanoid Object Detection Application Moving in Open Space using YOLOv8

Aplikasi Deteksi Objek Humanoid Bergerak pada Ruang terbuka Menggunakan YOLOv8

Muhammad Kahfi Yansah¹⁾, Rohman Dijaya^{*2)}, Hamzah Setiawan³⁾, Sumarno⁴⁾

¹⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: rohman.dijaya@umsida.ac.id

Abstract. *This study applies the YOLOv8 algorithm to detect humanoid objects in open environments, specifically in school areas such as parking lots. The main objective is to develop an intelligent system capable of identifying students based on four types of uniforms: none, grey, batik, and department-specific. Data were collected from CCTV footage and processed using Roboflow, resulting in 314 images with 1,649 bounding boxes. The dataset was divided into training and validation sets, with a .yaml configuration used to train the YOLOv8s model. Training was conducted with variations in image size, batch size, and epochs to optimize performance. Evaluation results showed a precision of 0.86, recall of 0.92, and mAP@0.50 of 0.93. Visual testing indicated an overall detection accuracy of 85%, although minor errors occurred in distinguishing between batik and department uniforms. This study demonstrates the reliability of YOLOv8 in dynamic environments, with future research aiming to expand the dataset and object categories.*

Keywords - Deep Learning, Humanoid Object Detection, Open Space Detection, YOLOv8

Abstrak. *Penelitian ini menerapkan algoritma YOLOv8 untuk mendeteksi objek humanoid di lingkungan terbuka, khususnya area sekolah seperti parkir. Tujuan utamanya adalah mengembangkan sistem cerdas yang mampu mengidentifikasi siswa berdasarkan empat jenis seragam: tanpa seragam, abu-abu, batik, dan jurusan. Data diperoleh dari rekaman CCTV dan diproses menggunakan Roboflow, menghasilkan 314 gambar dengan 1.649 kotak pembatas. Dataset dibagi menjadi data latih dan validasi, dengan konfigurasi .yaml untuk melatih model YOLOv8s. Pelatihan dilakukan menggunakan variasi ukuran image, batch size, dan epoch untuk mengoptimalkan performa. Hasil evaluasi menunjukkan precision 0,86, recall 0,92, dan mAP@0.50 sebesar 0,93. Pengujian visual menunjukkan akurasi deteksi total sebesar 85%, meskipun ada kesalahan minor dalam membedakan seragam batik dan jurusan. Studi ini membuktikan keandalan YOLOv8 dalam lingkungan dinamis, dan penelitian selanjutnya akan memperluas dataset dan kategori objek humanoid.*

Kata Kunci – Deep Learning, Deteksi Objek Humanoid, Deteksi Ruang Terbuka, YOLOv8

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pesat seiring dengan munculnya berbagai inovasi di bidang kecerdasan buatan (AI)[1]. Salah satu Aplikasi AI yang saat ini sedang dikembangkan adalah sistem pengenalan wajah dan deteksi objek[2]. Sistem ini memiliki peran penting di berbagai bidang, seperti keamanan, pendidikan, dan manajemen kehadiran[3]. Teknologi pengenalan objek secara real-time dianggap sebagai solusi yang efektif karena mampu menangkap dan menganalisis data objek secara terus-menerus sehingga dapat mengenali objek tersebut dengan cepat dan akurat[4].

Penerapan sistem absensi berbasis deteksi wajah menawarkan banyak keunggulan dibandingkan metode konvensional[5]. Dengan memanfaatkan kamera sebagai input data, sistem ini dapat mengidentifikasi individu secara otomatis tanpa memerlukan kontak fisik, sehingga mendukung penerapan protokol kesehatan dan efisiensi operasional. Dalam sistem seperti ini, teknologi deteksi objek memainkan peran penting[6]. Deteksi objek adalah proses mengidentifikasi dan menentukan keberadaan suatu objek pada citra ataupun video[7]. Metode ini telah dikembangkan dengan berbagai algoritma yang memiliki keunggulan masing-masing dalam hal kecepatan dan akurasi[8].

Salah satu algoritma deteksi objek yang dikenal efektif dan efisien adalah YOLO (You Only Look Once) [9]. YOLO merupakan algoritma berbasis deep learning yang memungkinkan deteksi objek secara real-time dengan membagi gambar menjadi grid dan memproses prediksi objek di setiap bagian grid secara bersamaan. Pendekatan ini memungkinkan pemrosesan gambar atau video dalam satu kali lintasan, sehingga sangat cepat dan cocok untuk

aplikasi real-time. YOLO dapat bekerja secara optimal di berbagai platform, termasuk perangkat dengan sumber daya komputasi terbatas [10].

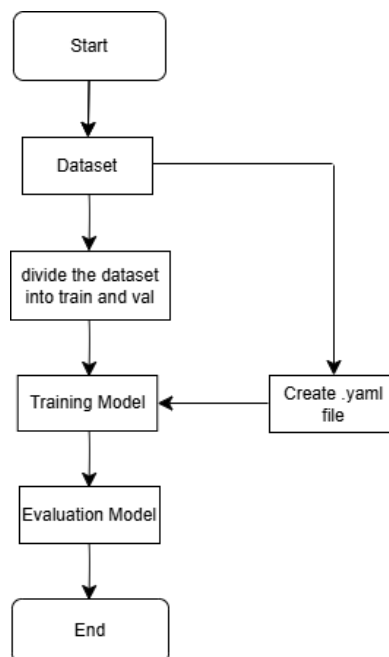
YOLOv8 adalah iterasi terbaru dari keluarga algoritma YOLO yang membawa berbagai peningkatan dalam hal akurasi, efisiensi, dan kecepatan deteksi[11]. YOLOv8 menggunakan arsitektur jaringan saraf yang lebih optimal dan didukung oleh teknik augmentasi dan pelatihan yang lebih adaptif, sehingga memungkinkan deteksi objek dalam berbagai kondisi lingkungan seperti pencahayaan yang bervariasi, ukuran objek yang berbeda, dan latar belakang yang kompleks. Oleh karena itu, YOLOv8 menjadi pilihan utama dalam pengembangan sistem yang memerlukan respons real-time dengan akurasi tinggi[12].

Dalam berbagai penelitian sebelumnya yang menggunakan YOLOv8 untuk deteksi objek, seperti penelitian[13] dan[14], diketahui bahwa penelitian tersebut hanya menampilkan satu jenis objek. Sementara dalam penelitian ini, pengembangannya difokuskan pada deteksi objek siswa dengan berbagai kelas. Dengan demikian, penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam memahami detail dari objek yang ditentukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa YOLOv8 dalam mendeteksi objek humanoid di area parkir sekolah, baik pada data gambar maupun video. Pada penelitian ini juga menguji akurasi dan kemampuan algoritma dalam berbagai kondisi lingkungan yang dinamis. Penelitian dapat berkontribusi terhadap perkembangan sistem keamanan dan pemantauan berbasis AI, khususnya dalam konteks pendidikan di lingkungan sekolah.

II. METODE

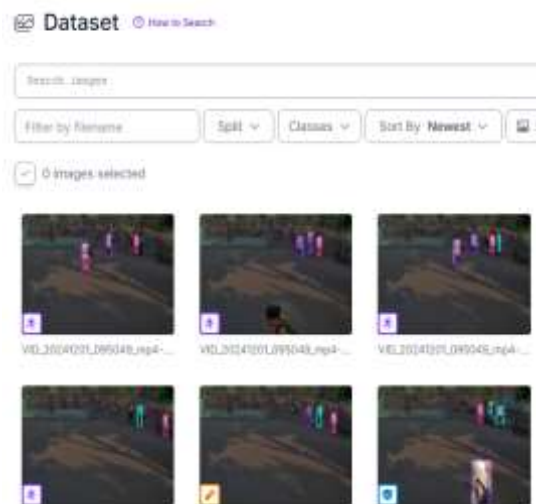
Pada bagian ini, penulis memaparkan alur penelitian terkait deteksi objek humanoid bergerak di ruang terbuka menggunakan YOLO v8. Proses dimulai dengan menyiapkan dataset, kemudian dataset dibagi menjadi dua bagian, yakni train dan juga val. Selanjutnya, dibuat file .yaml yang berisi informasi mengenai data tersebut. Setelah itu, dilakukan pelatihan (training) model, diikuti dengan evaluasi kinerja model, dan diakhiri dengan tahap pengujian model, seperti gambar berikut,



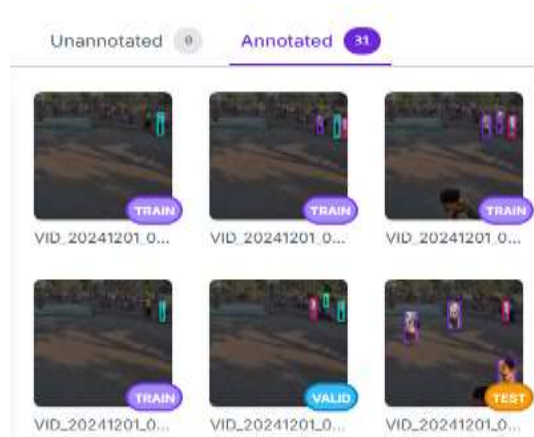
Gambar 1. Alur Diagram

Dataset

Pada gambar 1, tahap awal dimulai dari pengumpulan data yang didapat dari rekaman CCTV di SMK YPM 8 Sidoarjo, dan roboflow sebagai pengolahan data. Roboflow adalah salah satu framework terbaik untuk membantu proses labelling, pre-processing, dan membuat dataset, serta memasukkan dataset tersebut ke algoritma YOLOv8[15].



Gambar 2. Dataset



Gambar 3. Dataset Anotasi/pelabelan

Dataset tersebut terdiri dari beberapa gambar seperti yang ditampilkan pada Gambar 2 dan 3, masing-masing berjumlah 314 data. Dataset ini mencakup empat kelas, yaitu none, siswa b_abu, siswa b_batik, dan siswa b_jurusan. Anotasi dari gambar-gambar tersebut kemudian diolah menjadi bentuk tabel berdasarkan setiap bounding box yang terdeteksi. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa terdapat 791 data untuk kelas none, 240 untuk siswa b_abu, 460 untuk siswa b_batik, dan 158 untuk siswa b_jurusan, sehingga total keseluruhan data menjadi 1.649, yang merupakan jumlah dari semua anotasi tubuh dalam seluruh gambar. Selanjutnya, dilakukan pembagian data ke dalam dua kelompok, yaitu train dan val dengan rasio 783:37. Rasio ini dipilih karena dianggap paling optimal untuk proses pelatihan. Setelah itu, dibuat file `yaml` yang berfungsi sebagai penghubung antara model YOLO v8 dan dataset gambar, di mana file ini memuat informasi ringkas mengenai dataset dengan format yang ditentukan pada Gambar 4 dibawah ini.

```

File Edit Format View Help
train: ../train/images
val: ../valid/images
test: ../test/images

nc: 4
names: ['none', 'siswa b_abu', 'siswa b_batik', 'siswa b_jurusan']

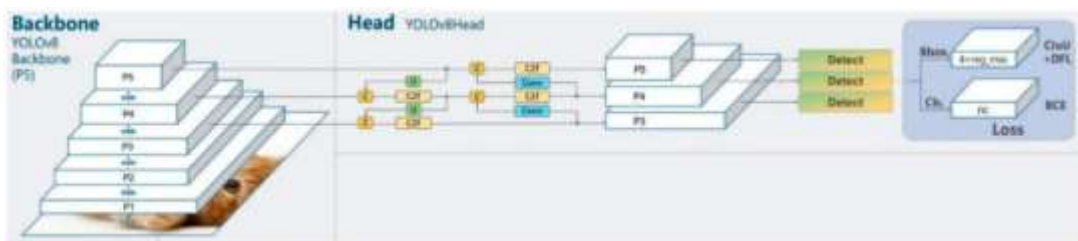
roboflow:
  workspace: kahfi-xj5tf
  project: kahfi_objek1
  version: 1
  license: CC BY 4.0
  url: https://universe.roboflow.com/kahfi-xj5tf/kahfi_objek1/dataset/1

```

Gambar 4. Data file .yaml

Arsitektur Deteksi Objek Humanoid YOLOv8

Dalam studi ini, penyesuaian konfigurasi terhadap variabel `img`, `batch`, dan `epoch` dilakukan guna mendapatkan performa terbaik dari salah satu varian YOLO v8 yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu `yolov8s` [16]. YOLOv8s adalah versi ringan dari keluarga YOLOv8 yang menyeimbangkan kecepatan dan juga akurasi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi secara real-time. Arsitektur YOLOv8 memiliki fitur-fitur penyempurnaan seperti backbone yang sepenuhnya konvolusional, head yang dipisahkan untuk klasifikasi dan regresi, dan head deteksi yang disederhanakan yang meningkatkan kecepatan inferensi dan presisi deteksi. Setelah melalui proses pelatihan, model diuji dengan input gambar. Hasil pada setiap gambar adalah kotak pembatas prediksi dengan pembagian kelas yang diberi label sebagai: "none", "siswa b_abu", "siswa b_batik", dan "siswa b_jurusan", beserta nilai keyakinan yang diprediksi.



Gambar 5. Arsitektur YOLOv8

Deteksi Objek Humaoid Menggunakan YOLOv8

Pada deteksi objek humanoid, penulis menggunakan varian YOLO v8 yaitu `yolov8s`. Struktur penulisan model pelatihan melibatkan beberapa hal seperti berikut.

- o `Img` merujuk pada pengaturan ukuran input image atau citra. Sehingga semakin besar ukuran yang digunakan, maka objek yang terdeteksi akan terlihat lebih detail, namun hal ini juga memerlukan daya komputasi yang lebih tinggi. Sebaliknya, ukuran gambar yang lebih kecil dapat mempercepat proses pelatihan model dan mengurangi beban komputasi.

- o `Batch` merupakan jumlah image yang diproses dalam sebuah kelompok selama pelatihan model. Sebagai contoh, jika terdapat 2.738 gambar dan ukuran batch ditetapkan sebesar 32, maka jumlah batch yang diperlukan adalah $2738 : 32 = 86$ batch. Semakin besar ukuran pada batch yang digunakan, semakin tinggi pula konsumsi memori yang dibutuhkan.

- o `Epoch` adalah jumlah siklus atau putaran pelatihan yang dilakukan selama proses training model. Dalam penelitian ini, digunakan jumlah epoch sebanyak 100. Pemilihan nilai tersebut bertujuan untuk menghemat waktu pelatihan sekaligus menghindari penggunaan epoch yang terlalu tinggi, oleh karena itu, diperlukan sebuah pengaturan epoch yang tepat agar memperoleh sebuah pelatihan yang lebih optimal[17].

- o `Data`, yaitu file `yaml` yang memuat sebuah informasi kumpulan data.

o Bobot mengacu pada model yang dipakai yakni yolov8s yang terdapat dalam satu set YOLO v8.

Model pelatihan YOLO v8 mengambil data dari Github Ultralytic, kemudian selama pelatihan menghasilkan sebuah nilai, yaitu nilai F1 yang merupakan nilai rata-rata antara *precision* dan *recall*. Hasil tersebut diperoleh dari pernyataan matematika berikut 1.

F1-score adalah metrik evaluasi dengan menggabungkan *precision* dan *recall* untuk mendapatkan perspektif yang lebih komprehensif terhadap performa suatu model klasifikasi. Tujuannya adalah untuk menyeimbangkan *precision* dan *recall*, terutama ketika distribusi kelas positif dan negatif tidak seimbang.

$$F1\ Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (1)$$

Nilai *precision* adalah ukuran yang menunjukkan seberapa banyak data kategori positif berhasil diklasifikasi dengan benar dibandingkan dengan seluruh data yang telah diprediksi positif. Nilai ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut..

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Nilai *recall* mengukur persentase sebuah data dalam kategori positif berhasil dikenali atau diklasifikasi dengan benar oleh sistem. Nilai *recall* bisa dihitung menggunakan rumus berikut..

$$Precision = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

Keterangan Rumus:

TP: *True Positive*, menunjukkan jumlah data positif yang telah diklasifikasikan dengan benar oleh sistem
 FP: *False Positive*, menunjukkan jumlah data yang positif namun diklasifikasikan secara keliru oleh sistem.
 FN: *False Negative*, menunjukkan jumlah data negatif yang telah diklasifikasikan secara keliru oleh sistem

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Training

Berdasarkan hasil pengujian proses pelatihan model yang telah dilakukan selama 100 epoch, berikut adalah hasil tertinggi yang diperoleh selama 100 epoch.

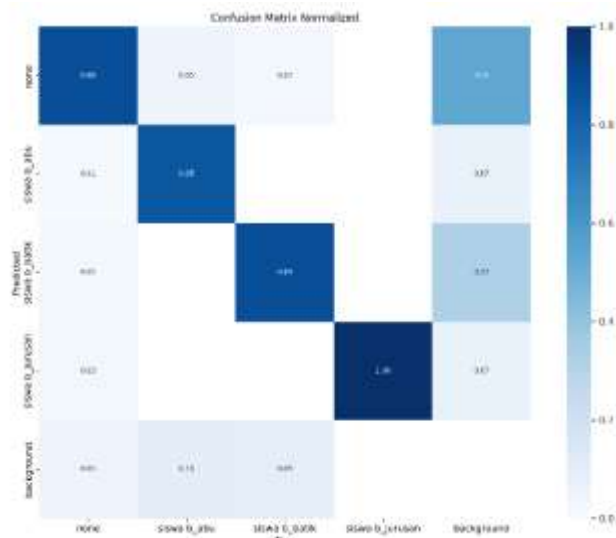
Tabel 1. Hasil Pengujian Model YOLOv8

No	Epoch	Precision	Recall	mAP
1	17	0.86	0.92	0.93
2	43	0.83	0.88	0.91
3	49	0.85	0.85	0.89
4	41	0.85	0.89	0.91

Berdasarkan Tabel 1 di atas, hasil pada epoch 17 memiliki nilai tertinggi dengan presisi 0,86, recall 0,92, dan mAP@0,50 mencapai 0,93. Selain itu, nilai mAP@0,50:0,95 mencapai 0,52, yang menunjukkan bahwa model mampu mendeteksi dan melokalisasi objek dengan tingkat akurasi yang tinggi pada berbagai ambang batas IoU.

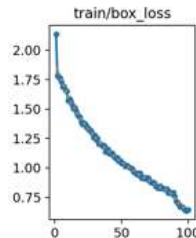
Epoch 43 memiliki keseimbangan yang baik antara nilai recall dan mAP, sedangkan epoch 49 menunjukkan presisi yang tinggi meskipun recall sedikit menurun. Epoch 41 dan 24 juga menunjukkan kinerja yang kuat, dengan nilai recall dan mAP yang kompetitif. Epoch 24 mencatat presisi tertinggi (0,86) dari semua lima teratas, menjadikannya pilihan yang tepat untuk kasus-kasus yang memerlukan sensitivitas tinggi terhadap positif palsu.

Gambar 6 menunjukkan hasil Confusion Matrix, memberikan representasi visual tentang seberapa baik model YOLOv8 dapat mendeteksi Objek Humanoid. Analisis hasil Confusion Matrix menunjukkan bahwa jumlah deteksi yang benar mendekati 1 untuk hampir setiap kelas objek. Ada juga pengecualian di setiap kelas di mana terdapat kesalahan deteksi 0,01 hingga 0,10.



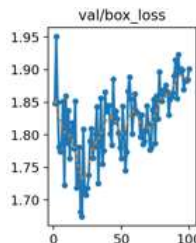
Gambar 6. Confusion Matrix

Gambar 7 menunjukkan beberapa grafik hasil pelatihan YOLOv8 sebagai berikut.



Gambar 7. (a) train/box_loss

Gambar 7(a) menunjukkan penurunan kerugian kotak pembatas selama proses pelatihan. Nilai kerugian yang lebih rendah menunjukkan peningkatan akurasi model dalam memprediksi posisi spasial objek.

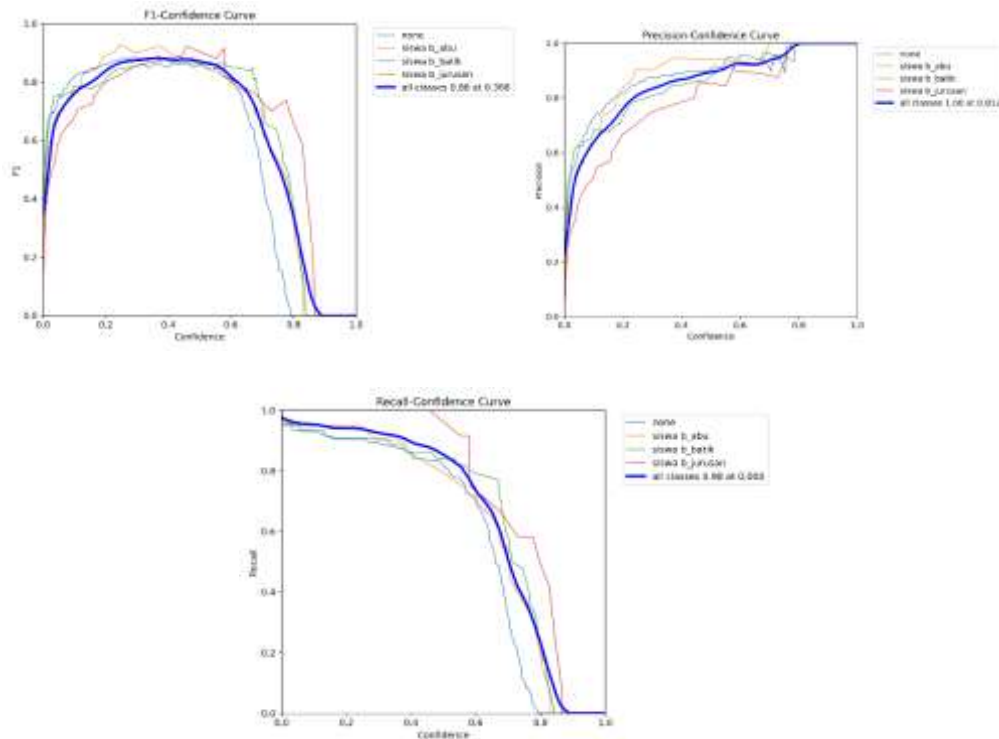


Gambar 7. (b) val/box_loss

Gambar 7(b) menunjukkan nilai kehilangan kotak pada data validasi. Fluktuasi pada grafik ini menunjukkan

ketidakkonsistenan model saat diuji pada data yang belum terlatih, tetapi masih dalam batas yang dapat diterima.

Gambar 8 menggambarkan tiga grafik dari kinerja model YOLOv8 dalam mendeteksi objek humanoid. Grafik pertama adalah kurva F1-Score sebesar 0,88 pada Tingkat Kepercayaan 0,368. Grafik kedua adalah kurva Presisi terhadap Tingkat Kepercayaan model, di mana semua kelas objek humanoid mencapai nilai Presisi 1 pada Tingkat Kepercayaan 0,812. Sementara grafik ketiga adalah kurva Recall terhadap Tingkat Kepercayaan model, dengan semua kelas objek humanoid mencapai nilai Recall 0,98 pada Tingkat Kepercayaan 0,000.



Gambar 8. *F1-Score, Precision, Recall*

Model Evaluasi

Untuk memvalidasi keakuratan model penelitian, diperlukan evaluasi hasil model pada seluruh skenario pelatihan model. Evaluasi dilakukan dengan menguji hasil citra yang memiliki kondisi tertentu untuk mengetahui tingkat ketepatan deteksi objek humanoid pada skenario model. Berikut ini adalah hasil citra yang dibutuhkan untuk proses evaluasi model.



Gambar 9. Hasil Pelatihan Model untuk Evaluasi Model

Pada Gambar 9, dapat dilihat dari pelatihan kinerja prediksi visual yang baik dan stabil menurut hasil evaluasi metrik. Objek penting (siswa) dapat dikenali dengan presisi tinggi, namun beberapa kasus label overlap dan prediksi dengan keyakinan rendah menunjukkan bahwa fine-tuning lebih lanjut masih dapat meningkatkan akurasi klasifikasi yang lebih spesifik, terutama untuk kelas yang secara visual mirip, berikut ini adalah hasil dari evaluasi perbandingan tingkat ketepatan dan kesalahan masing-masing model ditampilkan pada Tabel 2 ini.

Tabel 2. Hasil Pelatihan Model untuk Evaluasi Model

Kategori	Jumlah deteksi	Deteksi Benar	Deteksi Salah	Akurasi
none	29	25	4	86.2%
siswa b_abu	7	6	1	85.7%
siswa b_batik	13	10	3	76.9%
siswa b_jurusan	11	10	1	90.9%

Berdasarkan hasil evaluasi akurasi Model, tingkat akurasi deteksi mencapai 85%, sehingga menunjukkan hasil yang sangat baik dalam mendeteksi objek humanoid di kondisi nyata.

VII. SIMPULAN

Hasil kesimpulan ini menunjukkan bahwa penggunaan dari aplikasi dengan algoritma YOLOv8 dalam mendeteksi objek humanoid di ruang terbuka, khususnya dalam mengidentifikasi siswa berseragam, telah berhasil mencapai tujuan yang telah ditentukan. Tingkat akurasi terbaik mencapai nilai *precision* 0,86, nilai *recall* 0,92 dan nilai *mAP* @ 0,93 saat proses training dengan memanfaatkan 791 citra dari dataset. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang baik mencapai nilai akurasi sebesar 85%. Temuan ini memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi informasi, khususnya di bidang sistem pengawasan cerdas, dengan memvalidasi implementasi praktis algoritma AI tingkat lanjut dalam lingkungan dunia nyata yang dinamis.

Penelitian selanjutnya akan terus mengembangkan algoritma YOLO dalam versi terbaik dengan menggabungkan dataset training yang lebih representatif, yang akan mencakup berbagai objek humanoid. Dalam hal ini dapat meningkatkan kinerja algoritma dalam mendeteksi dan mengklasifikasi fitur objek secara akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai ungkapan rasa syukur, kami menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Disamping itu, kami juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing utama, atas bimbingan, saran, dan dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini. Penghargaan khusus juga penulis sampaikan kepada keluarga, khususnya orang tua, kakak, atas doa dan dukungannya yang tanpa henti selama proses penyusunan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. Pongoh, M. Kasenda, S. Kasenda, G. Tondatuon, M. Taroreh, and E. Saleh, "PENERAPAN KECERDASAN BUATAN (ARTIFICIAL INTELLIGENCE/AI) DALAM DUNIA PENDIDIKAN," 2023.
- [2] A. Pratiwi Saputri et al., "ANALISIS DETEKSI OBJEK CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO DAN CNN DENGAN ARSITEKTUR REPVGG PADA SISTEM PENDETEKSIAN DAN PENGENALAN EKSPRESI WAJAH," *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 7, no. 9, Sep. 2022.
- [3] F. A. Saputra and J. C. Chandra, "Prototipe Sistem Keamanan Ruang Server Otomatis Menggunakan ESP32CAM dan Algoritma You Only Look Once (YOLO)," *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [4] N. J. Hayati, D. Singasatia, M. R. Muttaqin, T. Informatika, S. Tinggi, and T. Wastukencana, "OBJECT TRACKING MENGGUNAKAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)v8 UNTUK MENGHITUNG KENDARAAN," *KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, vol. 12, no. 2, 2023, [Online]. Available: <https://universe.roboflow.com/>
- [5] L. Susanti, N. K. Daulay, and B. Intan, "Sistem Absensi Mahasiswa Berbasis Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma YOLOv5," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 10, no. 2, p. 640, Apr. 2023, doi: 10.30865/jurikom.v10i2.6032.
- [6] M. F. NURYASIN, C. MACHBUB, and L. YULIANTI, "Kombinasi Deteksi Objek, Pengenalan Wajah dan Perilaku Anomali menggunakan State Machine untuk Kamera Pengawas," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 11, no. 1, p. 86, Jan. 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i1.86.
- [7] A. Yolov8 et al., "Analisa Kemampuan Algoritma YOLOv8 Dalam Deteksi Objek Manusia Dengan Metode Modifikasi Arsitektur," 2023.
- [8] R. Gelar Guntara, "Pemanfaatan Google Colab Untuk Aplikasi Pendeteksian Masker Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLOv7," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, Feb. 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i1.750.
- [9] R. Muwardi, I. P. Nugroho, K. S. Salamah, M. Yunita, R. Rahmatullah, and G. J. Chung, "Optimization of YOLOv4-Tiny Algorithm for Vehicle Detection and Vehicle Count Detection Embedded System," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, vol. 10, no. 3, pp. 639–648, Nov. 2024, doi: 10.26555/jiteki.v10i3.29693.
- [10] A. A. I. H. Aprilino Awan, "IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO DAN TESSERACT OCR PADA SISTEM DETEKSI PLAT NOMOR OTOMATIS," *Jurnal TEKNOINFO*, vol. 16, 2022.
- [11] H. W. R. W. Sihombing R, "IMPLEMENTASI YOLO V8 UNTUK MENDETEKSI MATA UANG RUPIAH EMISI TAHUN 2022 BER-OUTPUT AUDIO," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, Aug. 2024.
- [12] W. Azis Rahmat, S. Madinah Ladjamuddin, and D. Teruna Awaludin, "PERBANDINGAN ALGORITMA DECISION TREE, RANDOM FOREST DAN NAIVE BAYES PADA PREDIKSI PENILAIAN KEPUASAN PENUMPANG MASKAPAI PESAWAT MENGGUNAKAN DATASET KAGGLE," *Jurnal Rekayasa Informasi*, vol. 12, no. 2, 2023, [Online]. Available: www.kaggle.com,
- [13] M. R. Sholahuddin et al., "Optimizing YOLOv8 for Real-Time CCTV Surveillance: A Trade-off Between Speed and Accuracy," *Jurnal Online Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 261–270, Dec. 2023, doi: 10.15575/join.v8i2.1196.
- [14] N. R. Muntiari, Indah Chairun Nisa, Ana Srikaningih, Andri Yogi Adyatma Prasetyo, and Muhammad Yusril, "Penerapan Algoritma YOLOv8 Dalam Identifikasi Wajah secara Real-Time menggunakan CCTV untuk Presensi Siswa," *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 3, pp. 1155–1165, Nov. 2024, doi: 10.51454/decode.v4i3.847.
- [15] R. Theofilus and R. Kurniawan, "Deteksi Sampah di Permukaan Sungai menggunakan Convolutional Neural Network dengan Algoritma YOLOv8 Studi Kasus: Sungai Ciliwung (Detection of Floating Wastes on River Surface using Convolutional Neural Network with YOLOv8 Algorithm (Case Study: Ciliwung River))," 2024.
- [16] R. Irsabmalfi et al., "DETEKSI ANATOMI GIGI MENGGUNAKAN ARSITEKTUR YOLOV8 (YOU ONLY LOOK ONCE) UNTUK PENGENALAN JENIS-JENIS GIGI," 2025.

- [17] E. Astiadewi, A. Rinaldi Dikananda, and D. Rohman, "ALGORITMA YOLOV8 UNTUK MENINGKATKAN ANALISA GAMBAR DALAM MENDETEKSI JERAWAT," *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains*, vol. 7, no. 1, pp. 346–353, 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.